

РАБОТА № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРА С ПОМОЩЬЮ БАЛЛИСТИЧЕСКОГО ГАЛЬВАНОМЕТРА

Приборы и принадлежности: баллистический гальванометр, вольтметр, переключатель, ключ, потенциометр, источник постоянного тока, эталонный конденсатор, два конденсатора неизвестной емкости.

ВВЕДЕНИЕ

Емкостью проводника называется физическая величина C , выражаемая зарядом q , изменяющим потенциал проводника на единицу потенциала:

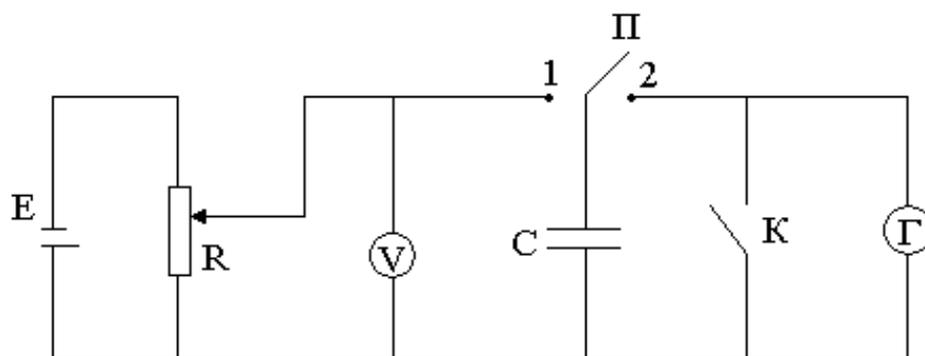
$$C = \frac{q}{\varphi}. \quad (6.1)$$

Конденсатором называется прибор, имеющий определенную емкость, величина которой не зависит от расположения окружающих тел. Конденсатор состоит из двух пластин или обкладок, разделенных диэлектриком. При подключении источника тока к конденсатору одна пластина зарядится положительно, а другая - отрицательно. Поэтому емкость C конденсатора выражается отношением заряда пластины к разности потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$ между пластинами, вызванной этим зарядом:

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}. \quad (6.2)$$

Описание установки и метода измерений

Схема установки приведена на рисунке.



Здесь E – источник тока;
 R – потенциометр;
 V – вольтметр;
 П – переключатель;
 K – ключ;
 Г – баллистический гальванометр;
 C – конденсатор.

Если взять эталонный конденсатор емкостью C_0 и, пользуясь переключателем П, зарядить его от источника, а затем разрядить через гальванометр, то заряд, отданный конденсатором, будет равен

$$q_0 = C_0 \cdot U.$$

Этот заряд отклонит зайчик гальванометра (см. введение) на некоторое число d_0 делений шкалы. Тогда величина

$$B = \frac{q_0}{d_0} = \frac{C_0 U}{d_0}, \quad (6.3)$$

называемая баллистической постоянной, укажет, какой заряд нужен для отклонения зайчика на одно деление шкалы.

Если теперь заменить эталонный конденсатор конденсатором с неизвестной емкостью C , то, повторив операцию заряд-разряд, мы узнаем отброс зайчика гальванометра d_x , а по нему определим и заряд q_x :

$$q_x = B d_x.$$

Так как $q_x = C_x \cdot U$, то $C_x = \frac{q_x}{U}$
или $C_x = \frac{Bd_x}{U}$. (6.4)

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

1. Собирают цепь по схеме, указанной на рисунке. Подключают конденсатор с известной емкостью C_0 . Для защиты гальванометра ключ K при сборке должен быть замкнут. После проверки лаборантом или преподавателем цепи включают освещение гальванометра, размыкают ключ K и устанавливают световой зайчик на нуль шкалы, для чего передвигают шкалу в нужную сторону.
2. Потенциометром R устанавливают напряжение $0,1 \dots 0,2$ В, после чего переключателем Π производят заряд конденсатора (контакт 1) и разряд (контакт 2). Чтобы прекратить колебание рамки гальванометра, замыкают ключ K в момент прохождения зайчиком нуля шкалы. Возникший в рамке индуктивный ток своим магнитным полем быстро прекратит движение, в результате которого он возник.
3. Повторяют описанное в п.2 еще два раза и находят средний отброс зайчика d_0 , после чего определяют баллистическую постоянную по формуле (6.3), а результаты измерений и вычислений заносят в табл. 6.1.

Таблица 6.1

d ₀	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄

4. Отключают конденсатор с известной емкостью, а вместо него включают исследуемый конденсатор. Производят трехкратный заряд-разряд, отмечая каждый раз отброс светового зайчика. Найдя среднее значение d_1 , определяют емкость конденсатора C_1 по формуле (6.4).
5. Повторяют описанное в п.4 с другим конденсатором и находят емкость C_2/Bd_2U .
6. Соединяют конденсаторы C_1 и C_2 последовательно и измеряют емкость полученной батареи:

$$C_{\text{посл.}} = \frac{Bd_3}{U}$$

Результаты проверяют по формуле

$$C_{\text{посл.}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}. \quad (6.5)$$

7. Измеряют емкость параллельно соединенных конденсаторов:

$$C_{\text{пар.}} = \frac{Bd_{\text{н}}}{U} \quad (6.6)$$

и проверяют результат по формуле

$$C_{\text{пар.}} = C_1 + C_2.$$

Результаты вычислений электроемкости заносят в табл. 6.2.

Таблица 6.2

C_1	C_2	$C_{\text{посл.}}$	Проверка $C_{\text{посл.}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$	$C_{\text{пар.}}$	Проверка $C_{\text{пар.}} = C_1 + C_2$

8. Подставляя (6.3) в (6.4), находят

$$C_x = \frac{C_0 d_x}{d_0}. \quad (6.7)$$

Относительная погрешность определяемой емкости находится по формуле

$$\delta C_x = \sqrt{(\delta C_0)^2 + (\delta d_x)^2 + (\delta d_0)^2}. \quad (6.8)$$

Оценить величины, входящие в выражение (6.8). На конденсаторе указано, что $\delta C_0 = 20\%$. При среднем отклонении зайчика на 50 делений (d_x) абсолютная ошибка Δd_x будет равна приблизительно 1 делению. Следовательно,

$$\delta d_x \approx \delta d_0 \approx \frac{\Delta d_x}{d_x} = \frac{1}{50} = 0,02 = 2\%.$$

Отсюда видно, что погрешностями δd_x и δd_0 можно пренебречь, тогда

$$\delta C_x = \delta C_0 = 20\%.$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется электроемкостью проводника, конденсатора и в каких единицах она измеряется?
2. Начертите электрическую схему установки для измерения емкости, используемую в данной работе.
3. В чем состоит метод измерения электроемкости, описанный в данной работе?
4. Как определяется баллистическая постоянная гальванометра и что она показывает?
5. Выведите формулу для расчета электроемкости батареи при последовательном и параллельном соединении трех конденсаторов.
6. Как выражается электроемкость плоского, цилиндрического и сферического конденсаторов?